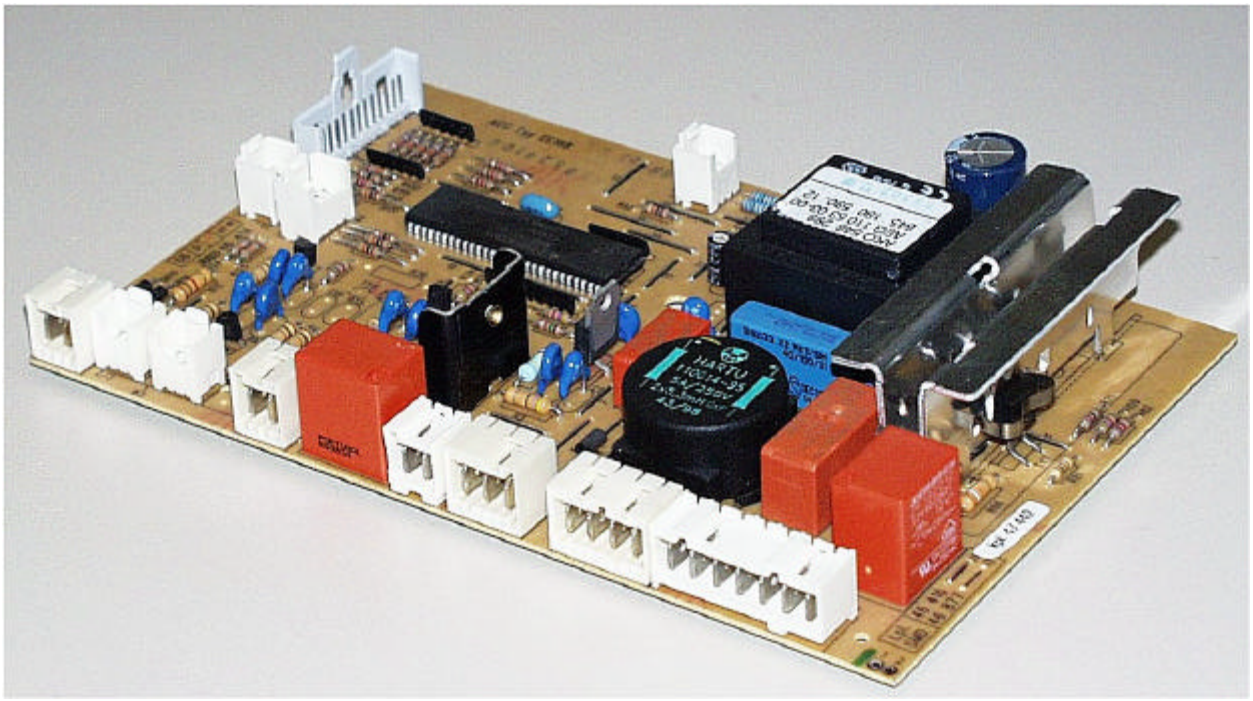
Electrolux
Technical Support Europe

DOCUMENTATION DE FORMATION

APPAREILS ÉLECTROMÉNAGERS À ÉLECTRONIQUE INTÉGRÉE



© AEG Hausgeräte GmbH
Muggenhofer Straße 135
D-90429 Nürnberg
Germany

Fax +49 (0)911 323 1420

TSE-N
Edition: 10.00

Publ. No.:
599 50 85 10

FR

DÉPANNAGE ET DIAGNOSTIC DES APPAREILS ÉLECTRO-MÉNAGERS À ÉLECTRONIQUE INTÉGRÉE

Table de matières

1.	Rôle de l'électronique dans les appareils électroménagers	3
2.	Fonctions générales de l'électronique dans les appareils électroménagers	4
3.	Paramètres d'entrée et capteurs	9
3.1	Paramètres d'entrée types	9
3.2	Principaux types de capteurs	10
3.2.1	Commutateur	10
3.2.2	Thermostat	10
3.2.3	Pressostat	11
3.2.4	Fluxostat (manocontact à pression différentielle)	12
3.2.5	Commutateur REED	13
3.2.6	Générateur Hall	14
3.2.7	Résistances thermosensibles	15
3.2.7.1	Thermistance CTN	15
3.2.7.2	Thermistance CTP	17
3.2.7.3	Capteur à résistance de platine	18
3.2.8	Capteur d'humidité	18
3.2.9	Générateur tachymétrique	19
3.2.10	Capteur de pression	20
3.2.11	Capteur optique	22
4.	Sorties et actionneurs (éléments fonctionnels)	23
4.1	Composants d'alimentation de puissance	24
4.1.1	Relais	24
4.1.2	Triac et thyristor	24
4.2	Commande de puissance	25
4.2.1	Commande de phase	26
4.2.2	Modulation d'impulsions en largeur	28
5.	Méthode de localisation des anomalies (manuels d'entretien et schémas de circuits)	30
6.	Utilisation des programmes d'entretien intégrés	32
7.	Mesures possibles	35

1. Rôle de l'électronique dans les appareils électroménagers

Les commandes électroniques, plus ou moins complexes, ont envahi notre vie quotidienne. Il est désormais presque impossible de concevoir des appareils électroménagers sans électronique. Toutefois, l'adjonction du qualificatif *électronique* est quelquefois abusive lorsqu'elle s'applique à des appareils qui bien souvent n'intègrent qu'un seul composant électronique. Pour ce qui nous concerne, nous n'emploierons ce terme que lorsque l'appareil renferme plusieurs circuits électroniques complexes indispensables à son utilisation.

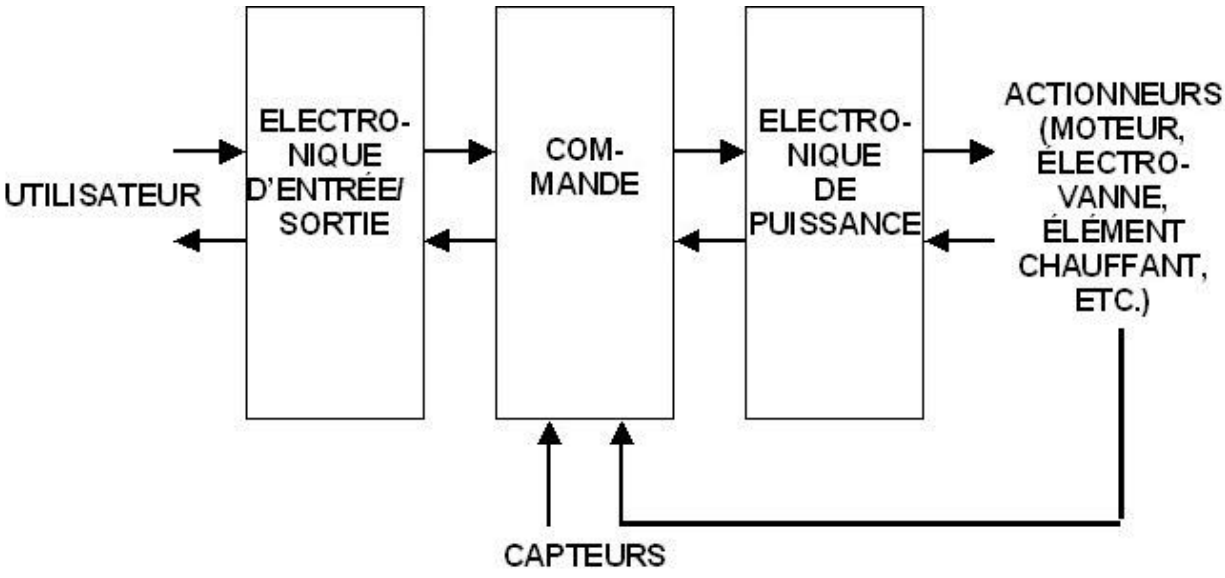
Le recours à l'électronique se justifie pour une foule de raisons. Les commandes électroniques présentent de nombreux avantages par rapport à leurs homologues électromécaniques :

- Contrôle plus précis des paramètres de programmation.
- Optimisation du fonctionnement de l'appareil à l'aide de la logique floue.
- Réduction de la consommation d'énergie, d'eau et de produits chimiques d'où réduction de la charge sur l'environnement.
- Programmes plus souples s'adaptant plus aisément à de nouvelles situations. Le groupe Electrolux a joué un rôle de pionnier sur ce terrain en introduisant pour la première fois une fonction de mise à jour sur un lave-linge automatique de sa gamme. Cette innovation permettait d'actualiser le logiciel de l'électronique en fonction des dernières normes techniques et de l'évolution des conditions du marché : émergence de nouveaux détergents et textiles, évolution des habitudes.
- L'utilisateur est déchargé des aspects fastidieux de l'exploitation de l'appareil : sélection et entrée de paramètres préférentiels (température de lavage, vitesse d'essorage, par ex). Il lui suffit désormais d'exprimer ses *souhaits*.
- Meilleures conditions de fabrication d'où réduction des coûts de fabrication.
- Usure et risque de panne réduits en raison de l'absence de contacts mobiles.

2. Fonctions générales de l'électronique dans les appareils électroménagers

Les composants électroniques sont généralement employés pour assurer les fonctions suivantes :

- Interface utilisateur (électronique d'entrée/sortie) avec les fonctions suivantes :
  - Transmission des sélections de l'utilisateur à l'appareil : programme choisi, température, type de lavage, degré de salissure, temps de cuisson, etc.
  - Affichage des paramètres fonctionnels appropriés : séquence du programme, messages d'avertissement destinés à informer l'utilisateur.
- Organe de commande : la séquence précise du programme est déterminée en fonction de la sélection introduite par l'utilisateur ainsi que par la mesure de paramètres de fonctionnement (par ex. positions du commutateur, température, niveau d'eau, vitesse du moteur, etc). Les signaux de sortie sont employés aux fins suivantes :
  - Déclenchement des actionneurs, éventuellement par l'intermédiaire d'une électronique de puissance.
  - Présentation des états fonctionnels par le biais de l'interface utilisateur.
- Électronique de puissance assurant l'alimentation en courant des actionneurs.



Ces fonctions pourront être intégrées dans un seul ou dans plusieurs composants, selon la complexité et la structure de l'appareil en question.

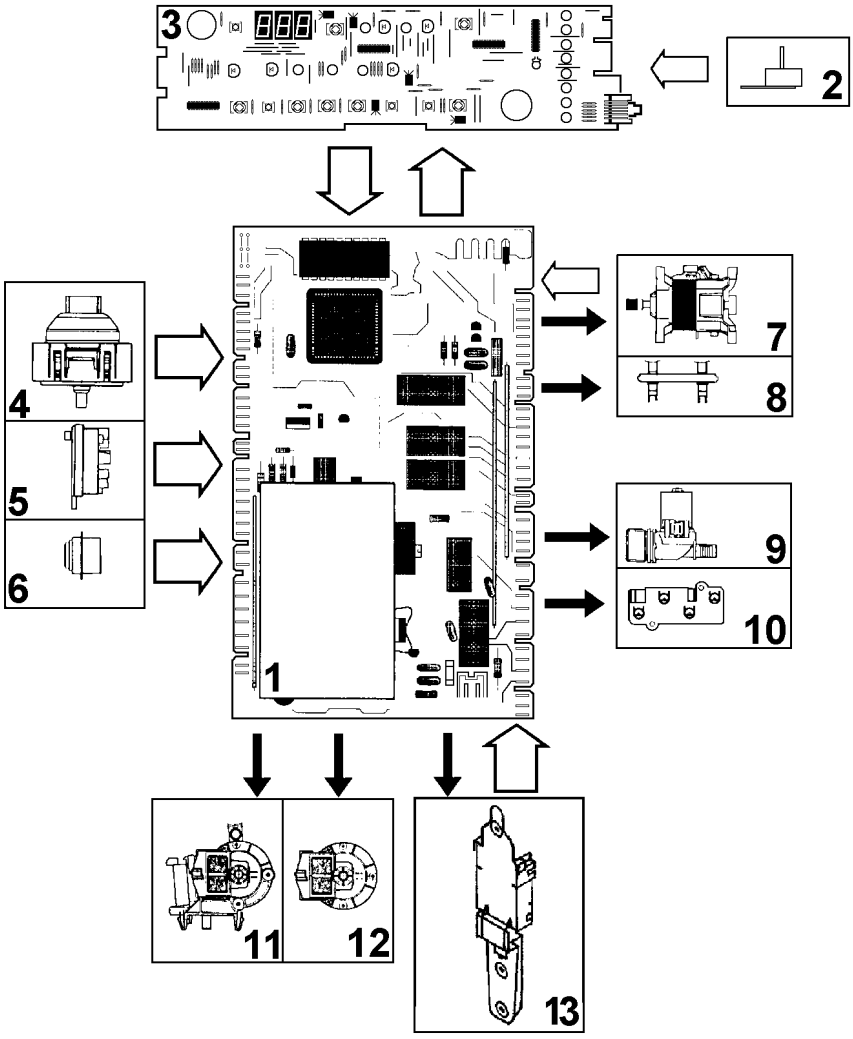
Les descriptions qui suivent ne visent pas à expliciter les processus qui interviennent au cœur des circuits électroniques. En règle générale, ils ne comportent pas de points de mesure accessibles. Ces détails relèvent de la compétence de fournisseurs spécialisés et ne figurent pas dans la documentation d'entretien de l'appareil.

Dans le cadre de cette formation, le circuit électronique est une pièce détachée à considérer comme une boîte noire. Les composants individuels d'une carte de circuit imprimés ne peuvent en aucun cas être remplacés, notamment pour des raisons de sécurité. La mise en œuvre de composants inadéquats peut en effet provoquer des incendies.

Notre but consiste à chercher à savoir ce qui se passe autour des circuits électroniques, à mesurer les entrées et les sorties, si cette possibilité existe, ainsi qu'à comprendre le fonctionnement des composants qui communiquent avec l'électronique.

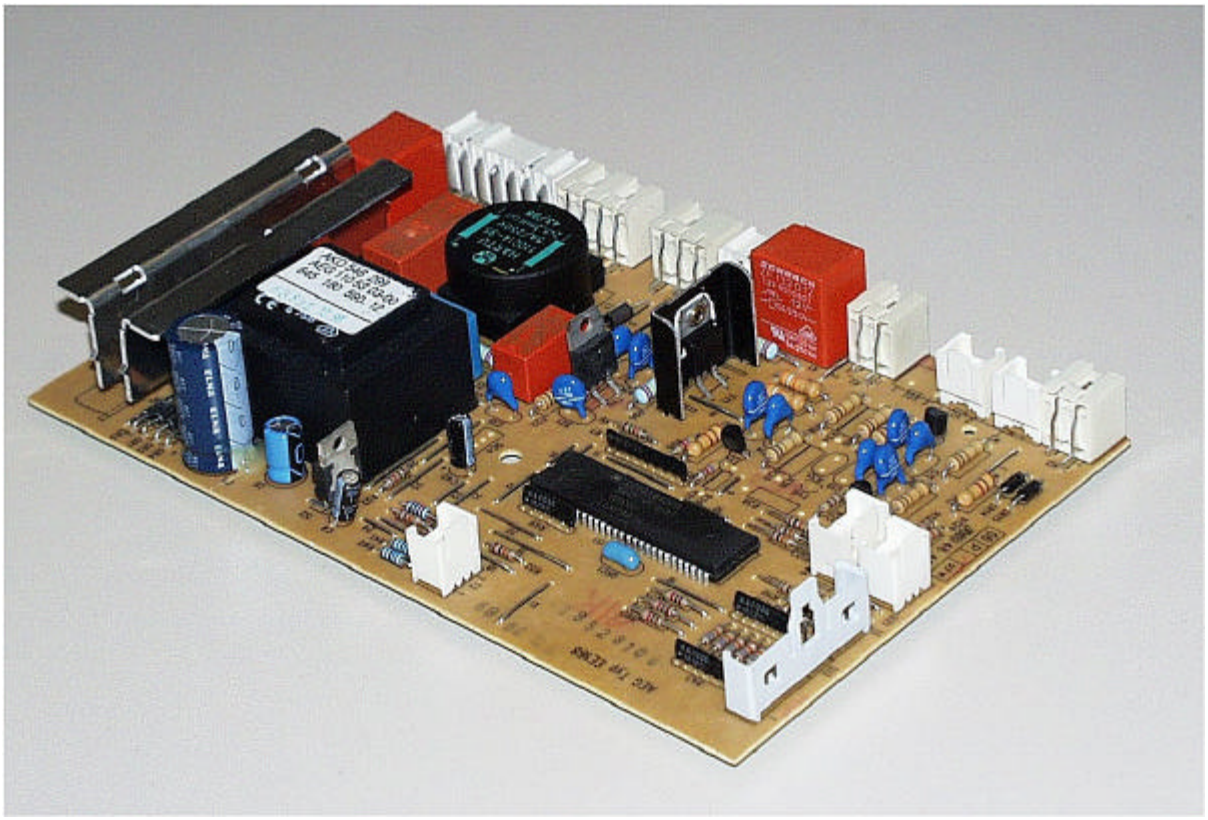
En nous aidant de ces techniques, nous parviendrons à circonscrire plus précisément les problèmes et à ne remplacer que les pièces nécessaires.

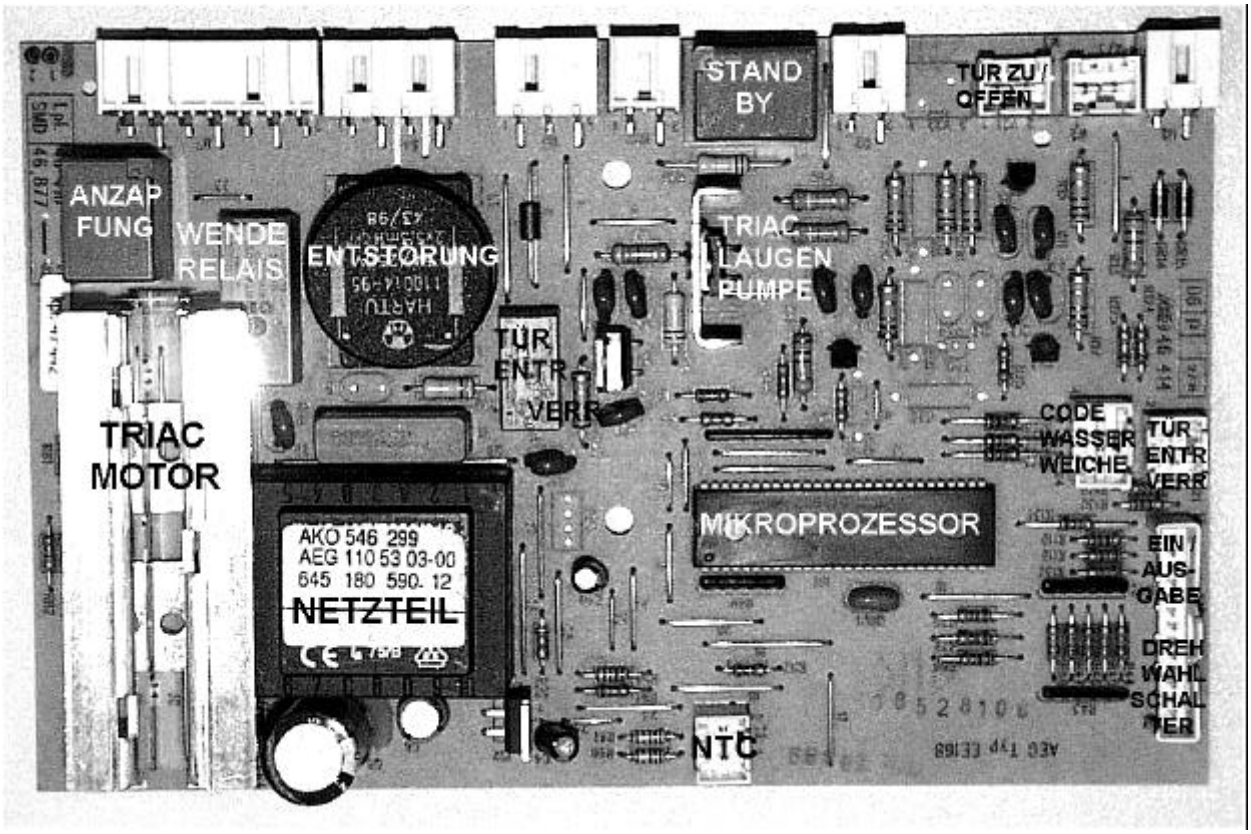
Exemples :



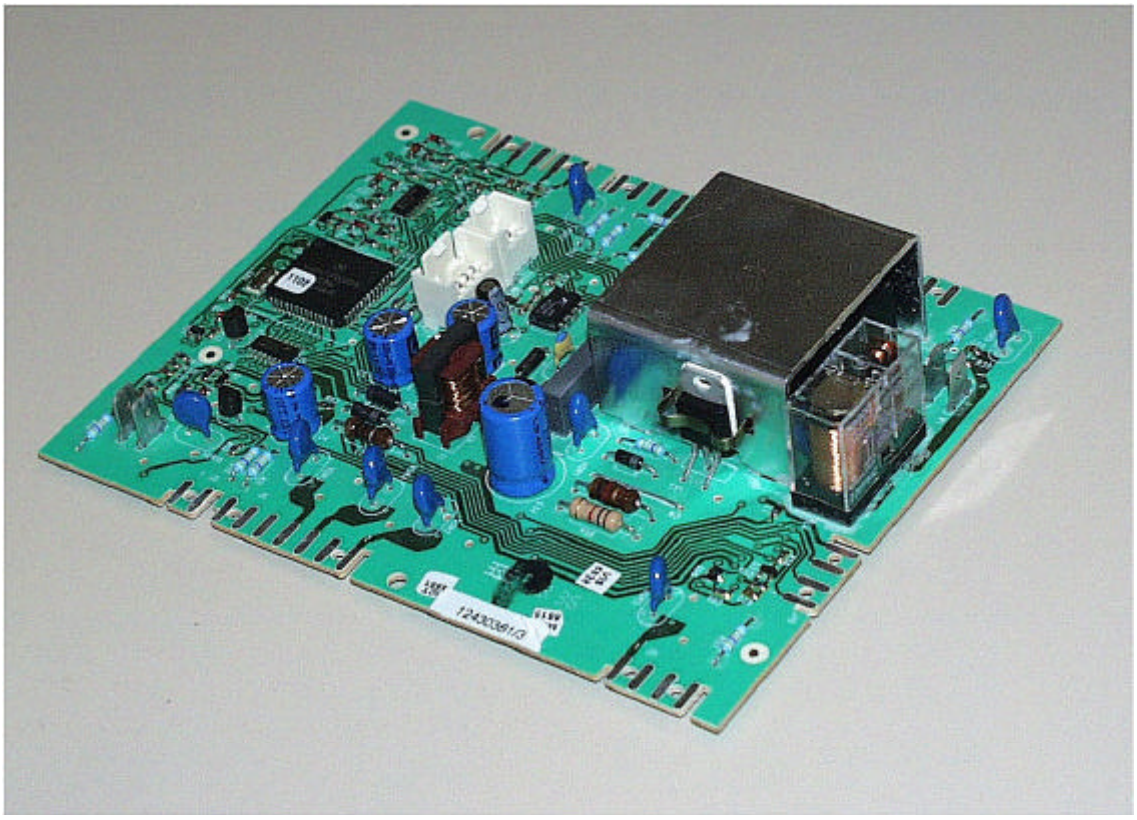
1. Carte du circuit principal
2. Sélecteur de programme
3. Interface utilisateur
4. Capteur de pression analogique
5. Pressostat de sécurité
6. Capteur de température
7. Moteur
8. Élément chauffant
9. Électrovanne d'admission d'eau
10. Verrouillage de porte
11. Circulateur
12. Pompe de vidange
13. Capteur d'autopositionnement du tambour (DSP)

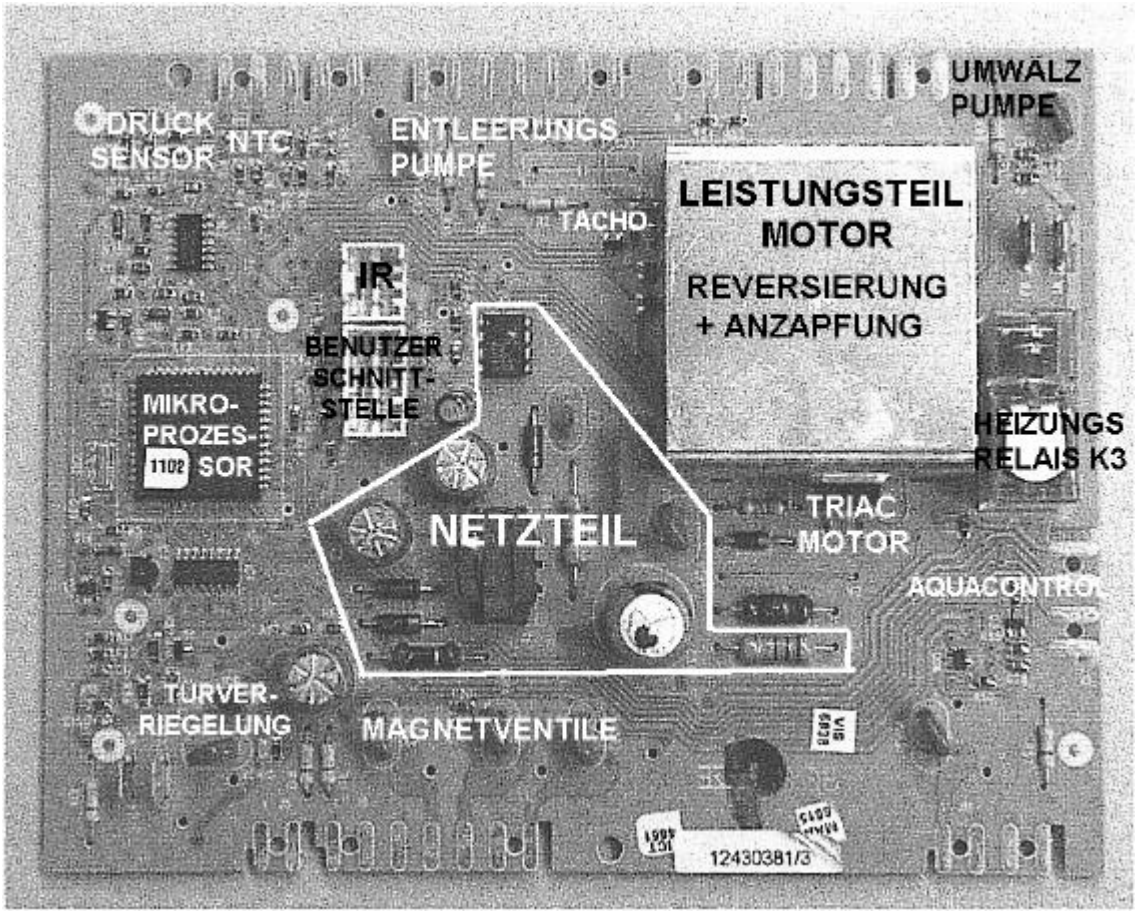
Électronique principale d'un lave-linge à chargement par le haut et ses connexions avec les capteurs et les éléments fonctionnels





Circuits électroniques EAC utilisés dans les lave-linge automatiques AEG, séries 1998





EWM2000 : nouvelle carte de circuit imprimé principale pour les lave-linge à chargement frontal et par le haut, utilisée comme pièce standard dans l'ensemble du groupe Electrolux

3. Paramètres d'entrée et capteurs

3.1 Paramètres d'entrée types

Les paramètres types portent sur les éléments suivants :

- États de commutation (codes binaires)
- Température
- Niveau (eau, mousse)
- Vitesse de rotation du moteur
- Degré d'humidité résiduelle
- Turbidité de l'eau

Ces paramètres d'entrée sont mesurés par des capteurs qui exploitent la corrélation physique entre une valeur électrique et le paramètre considéré. Cette corrélation se décompose souvent en plusieurs phases, comme dans le cas de la température qui agit sur la résistance électrique du capteur qui occasionne à son tour une chute de tension.

Le principe de la logique *floue* fait intervenir d'autres paramètres qui ne sont pas mesurés mais *estimés* sur la base d'autres paramètres d'entrée ou de leur variation sur une certaine période de temps. Dans ce cas, la corrélation entre les deux valeurs ne peut pas être définie précisément et comprend une part intuitive.
La quantité de vaisselle dans un lave-vaisselle, par exemple, est déterminée par le temps mis par l'eau pour atteindre la température programmée ; d'autres facteurs, tels que la matière dans laquelle la vaisselle est faite, ont, eux aussi, une incidence sur cette durée.

La liste suivante donne quelques exemples de ce type de grandeurs :

- Charge de linge – évaluée à partir de la capacité d'absorption de la charge reflétée par les fluctuations dans le temps du niveau d'eau.
- Quantité de vaisselle – vitesse de montée en température reflétée par la température de l'eau
- Degré de salissure – évaluée sur la base du degré de turbidité de l'eau
- Déséquilibre – évalué sur la base des variations de la vitesse de rotation du moteur.

3.2 Principaux types de capteurs

3.2.1 Commutateurs

Les commutateurs sont les capteurs les plus couramment utilisés. Ils rendent compte à l'électronique des états du système. Ils sont soit :

- activés par l'utilisateur, par voie
  - o directe (par ex. commutateur E/S, sélecteurs) ou
  - o indirecte (par ex. commutateurs de porte)
- soit activés par le système pendant l'exécution du programme.

➢ Mesures possibles

- Mesure de résistance (continuité) : ce type de mesure permet de détecter si le commutateur se trouve à l'état de commutation escompté (ouvert ou fermé)
- Mesure de tension : autre moyen de détecter l'état de commutation d'un commutateur ; une tension est présente lorsque le commutateur est activé.

3.2.2 Thermostat

Le thermostat est un commutateur électromécanique thermique qui ouvre ou ferme un circuit électrique à partir d'une certaine température. Le seuil de température peut être :

- déterminé par voie mécanique → régulateur de température ou
- assigné à une valeur fixe → rupteur thermique (généralement utilisé comme dispositif de sécurité).

Les thermostats se répartissent en plusieurs catégories selon leur principe de fonctionnement :

- thermostats à bimétal
- thermostat à barre métallique de dilatation
- thermostat à dilatation de liquide
- thermostat à condensation de vapeurs (utilisé en réfrigération).

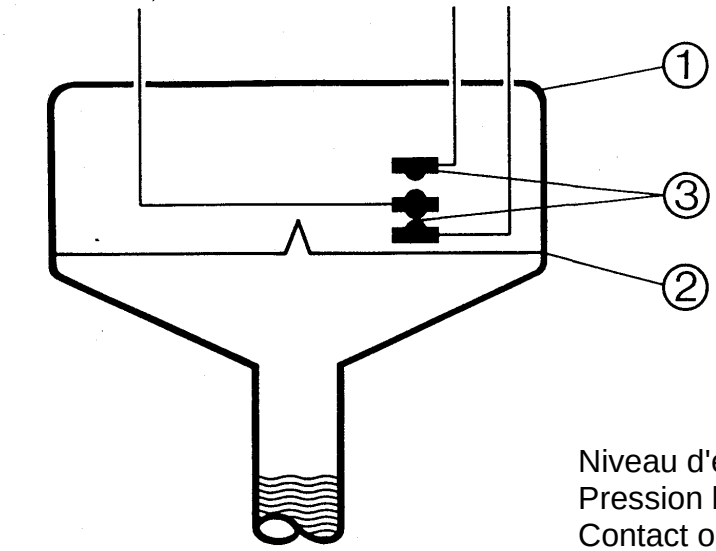
➢ Mesures possibles

- Mêmes mesures que les commutateurs (3.2.1). Veuillez vous référer aux températures de commutation indiquées dans les manuels d'entretien pour déterminer l'état de commutation escompté.

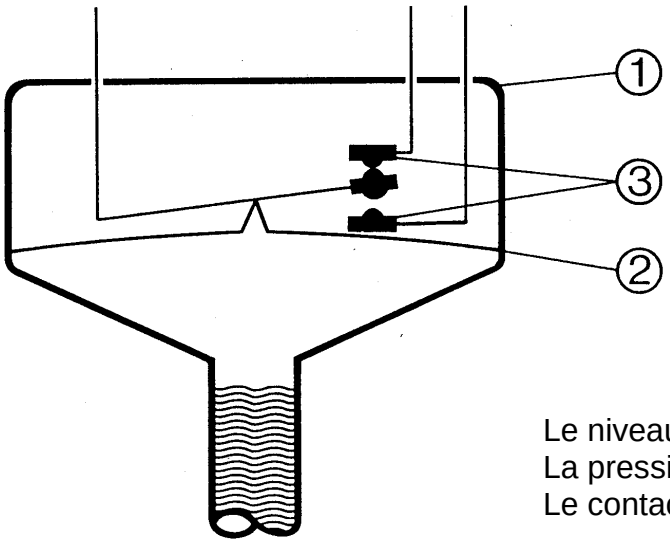
3.2.3 Pressostat

Un pressostat se compose d'une chambre manométrique et d'une membrane montée à l'intérieur. La membrane se déforme sous l'action de la pression et active un ou plusieurs contacts mécaniques à des seuils de pression prédéfinis.

Les pressostats sont généralement utilisés comme capteurs de niveau. La chambre manométrique est reliée à la cuve du lave-linge ou du lave-vaisselle au moyen d'un flexible. Le rinçage de la colonne d'eau entraîne une élévation de la pression d'air dans le flexible.



Niveau d'eau bas
Pression basse
Contact ouvert



Le niveau d'eau atteint un seuil prédéfini
La pression monte
Le contact se ferme

(1) Chambre manométrique
(2) membrane
(3) Contacts

➢ Mesures possibles

- Mêmes mesures que les commutateurs (3.2.1).

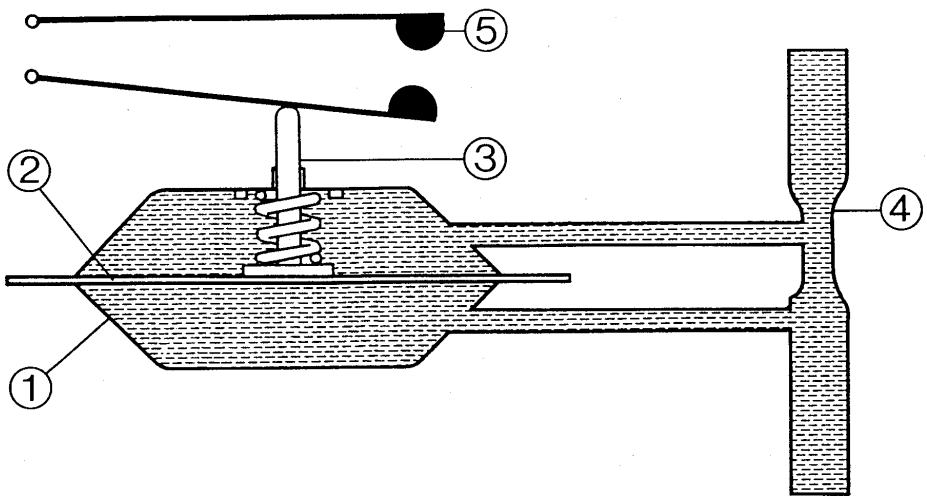
3.2.4 Fluxostat (manocontact à pression différentielle)

Il existe une loi physique qui permet de détecter l'existence d'un débit, par exemple une circulation d'eau à travers un tuyau. Cette loi dite de Bernoulli énonce que la somme de la pression d'écoulement et de la pression statique dans un débit reste constante.

Si le flux est canalisé à travers un étranglement (ajutage venturi), la vitesse locale d'écoulement et par voie de conséquence, la pression d'écoulement augmenteront. La pression statique diminuera et descendra sous la valeur de la pression en amont de l'ajutage. Si les deux pressions sont conduites dans une chambre à différentiel de pression par des tuyaux minces, la déformation résultante de la membrane déclenchera un processus de contact.

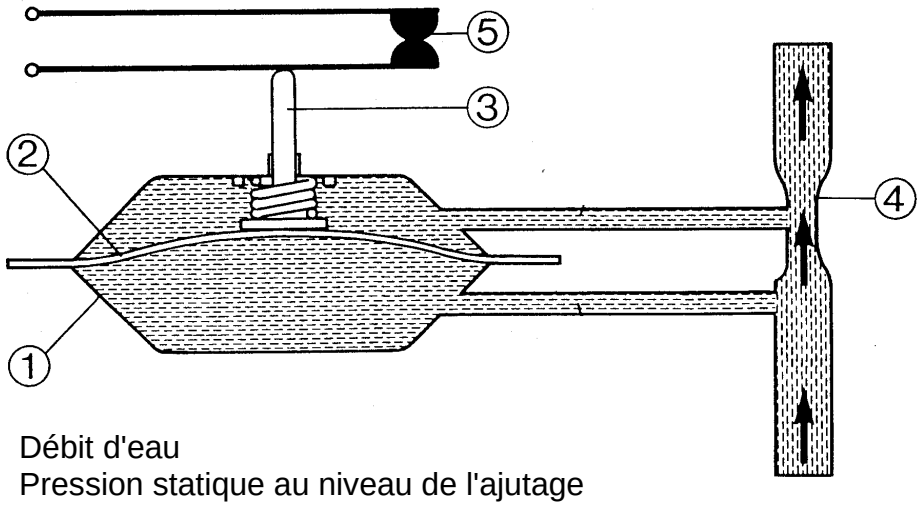
En cas d'absence de flux, les pressions en amont et au niveau de l'ajutage Venturi seront égales et le contact à pression différentielle s'ouvrira à nouveau.

Si l'eau est réchauffée au moyen d'un dispositif de chauffage, l'élément chauffant sera activé par le biais d'un fluxostat afin d'éviter qu'il ne chauffe en l'absence de débit.



Absence de débit
Pressions égales
Contact ouvert

(1) Chambre à différentiel de pression
(2) membrane
(3) aiguille
(4) Ajutage Venturi
(5) Contact



Débit d'eau
Pression statique au niveau de l'ajutage inférieure à la pression en amont
Le contact se ferme

Mesures possibles

- Mêmes mesures que les commutateurs (3.2.1).

3.2.5 Commutateur Reed

Ce type de commutateur est constitué de lames souples ferromagnétiques faisant fonction de contacts. Le processus de commutation est déclenché par un champ magnétique.

Exemples d'applications :

- Indicateur de niveau de sel ou de détergent dans les lave-vaisselle : le compartiment contient un flotteur équipé d'un aimant permanent qui sur une certaine position, déclenche un commutateur Reed monté à l'extérieur.
- DSP = aide au positionnement du tambour pour les lave-linge à chargement par le haut. Les contacts à lamelles du capteurs sont maintenus en position normalement fermées par un aimant permanent. Lorsque la trappe du tambour atteint sa position la plus haute, une bande ferromagnétique fixée sur la poulie interfère avec le champ magnétique et provoque l'ouverture des contacts à lamelles. Le dispositif génère le signal d'entrée de position destiné à l'électronique et permet de positionner le tambour à l'aide de la commande du moteur.

- Commutateur de porte sur les réfrigérateurs : l'aimant est monté dans la porte et le commutateur à lames dans l'encadrement de la porte.

Mesures possibles

- Mêmes mesures que les commutateurs (3.2.1) ; possibilité de déclenchement par un aimant extérieur.

3.2.6 Générateur Hall

Un générateur Hall est un générateur de signal électronique, qui amplifie la tension dite de Hall. La tension de Hall est générée par des champs magnétiques. Le générateur Hall permet de prouver l'existence de ces champs magnétique et de les mesurer.

L'application de ce principe aux appareils électroménagers est relativement simple : il est utilisé par exemple dans les lave-vaisselle pour détecter la rotation du bras rotatif supérieur. Le champ magnétique est généré par un aimant permanent monté dans le bras de rinçage. Lorsque le bras passe devant la porte, la tension de sortie monte à 4-5 V, contre 0-1 V dans les autres cas.

Cette application du générateur Hall est similaire à celle des commutateurs à lames.

➢ Mesures possibles

- Tension du signal : les valeurs sont indiquées ci-dessus.

Tout les capteurs passés en revue à ce stade, le générateur Hall y compris, dans le cadre de cette application, se rangent dans la catégorie des capteurs binaires, puisqu'ils rendent compte de deux états à l'électronique : *oui* ou *non* (1 ou 0). Indépendamment de la valeur à mesurée, ils se contentent de rapporter si un état prédéfini est présent ou non.

Contrairement aux capteurs de cette catégorie, ceux que nous allons aborder à présent servent à mesurer un paramètre dans toute sa plage de valeurs de service. Le capteur génère des signaux analogiques ou numériques qui dépendent de la grandeur à mesurer. Ce type de capteur élargit les possibilités d'ordonnancement du programme.

3.2.7 Résistances thermosensibles

Cette catégorie de capteurs de température regroupe les résistances à coefficient de température négatif (CTN), les résistances à coefficient de température positif (CTP) et les capteurs à résistance de platine. On utilise également le terme générique de **thermistance** pour les désigner.

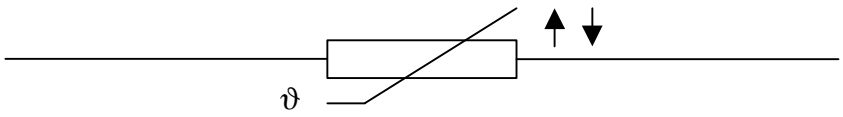
➢ **Mesures possibles** (applicables à toutes les thermistances)

- Mesure de résistance : la valeur mesurée doit correspondre à la température ambiante ; après la montée en température, la valeur change (pour les valeurs exactes, se reporter aux tables et aux diagrammes du manuel d'entretien)
- Mesure de tension : la tension peut être mesurée aux contacts du capteur, ou mieux encore, aux connecteurs correspondants sur la carte de circuit électronique. Le capteur est monté dans un circuit diviseur de tension. La valeur escomptée est ainsi inférieure à la tension de signal. Avec une tension de signal de 5 V, la tension escomptée est de 2-3 V. Lors de la montée en température, la tension à la thermistance baisse lorsqu'il s'agit d'une thermistance CTN et augmente lorsqu'il s'agit d'un thermistance CTP.

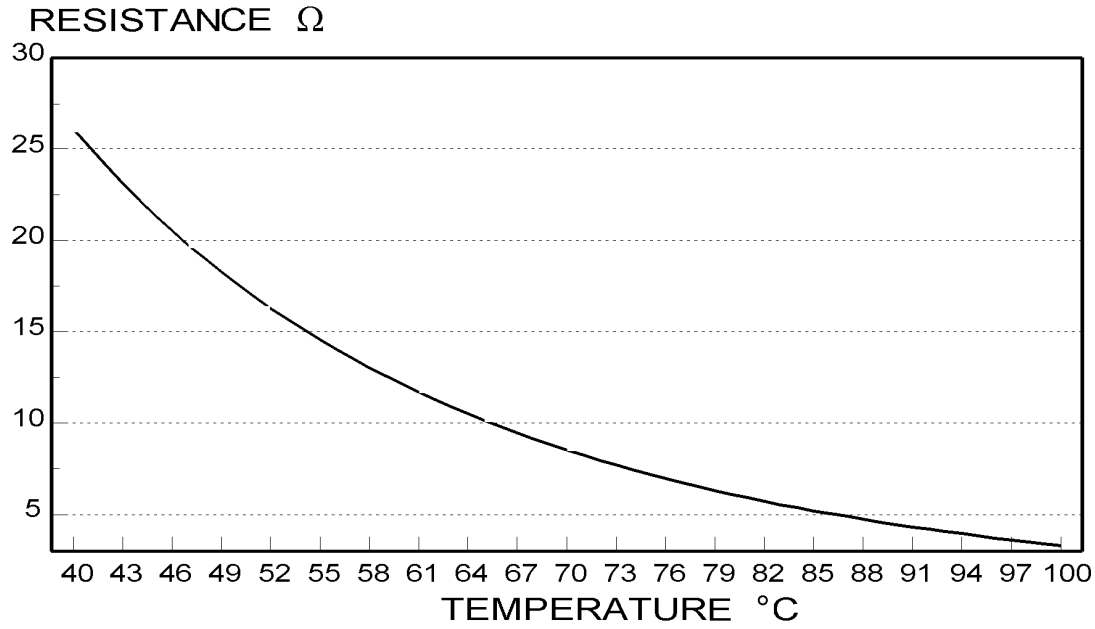
3.2.7.1 Thermistance CTN

La thermistance CTN appartient au groupe des semi-conducteurs et se présente généralement sous la forme d'un mélange de différents oxydes métalliques. Sa résistance est très élevée à basse température. Lorsque la température grimpe un nombre plus élevé d'électrons se libèrent de leurs liaisons, entraînant ainsi une diminution de la résistance. On dit que la résistance a un **c**oefficient de **t**empérature **n**égatif, d'où l'abréviation CTN.

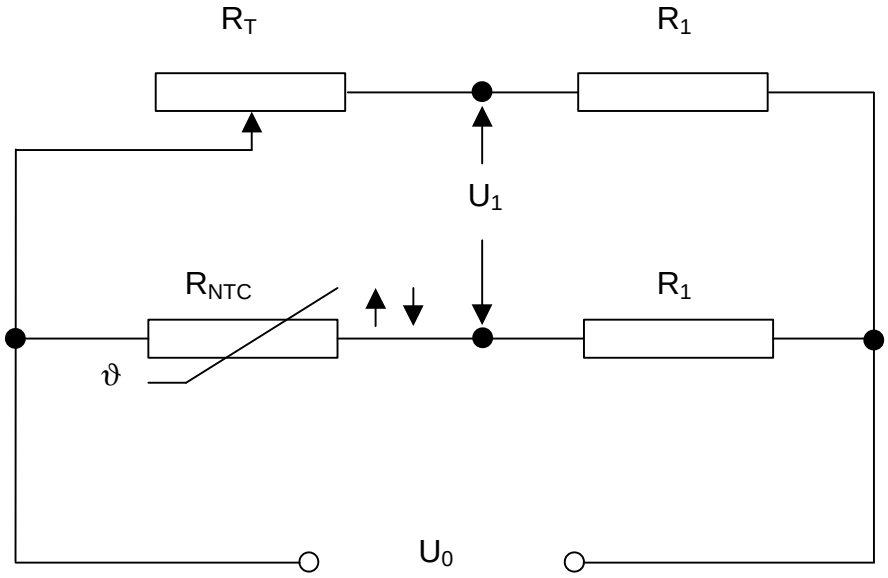
Le symbole utilisé pour représenter la thermistance CTN est le suivant :



La courbe type d'une thermistance CTN présente l'allure suivante :



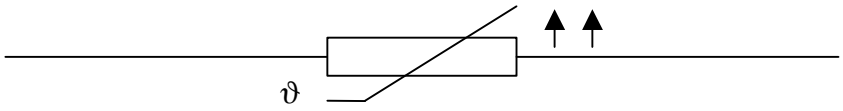
L'utilisation d'un capteur CTN dans une application de régulation de la température fait intervenir un circuit en pont similaire au circuit simplifié représenté ci-dessous. Une résistance réglable R_T est calibrée sur la valeur que présente la thermistance CTN à la température voulue. Cette opération s'effectue par l'entremise du sélecteur de température ou de l'électronique du programme. Une tension U_1 est générée tant que les deux résistances ne sont pas égales. Cette tension peut être utilisée pour contrôler l'élément chauffant. Dès que la température sélectionnée est atteinte, la tension U_1 tombe à 0.



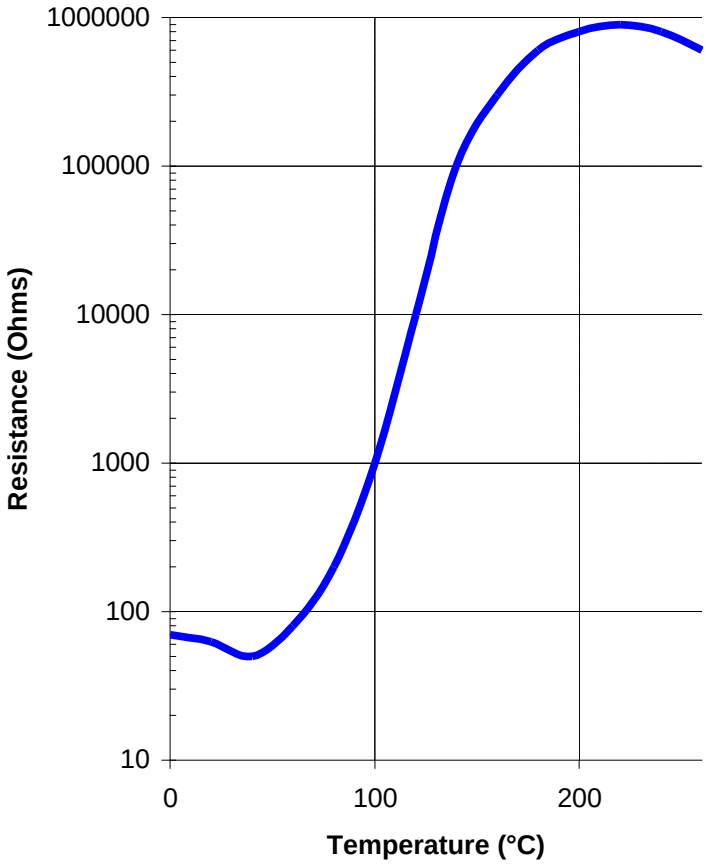
Dans une application de mesure de la température, la valeur voulue s'obtient en mesurant la chute de tension.

3.2.7.2 Thermistance CTP

Cette thermistance appartient également au groupe des semi-conducteurs. À la différence de la thermistance CTN, elle se caractérise par un **c**oefficient de **t**empérature **p**ositif (CTP) dans toute sa plage de service, ce qui signifie que sa résistance augmente avec la température. Il convient de préciser « dans toute sa plage de service » dans la mesure où le phénomène de variation de la température est plus complexe, comme le montre le diagramme ci-dessous. Son emploi comme capteur est similaire à celui des thermistances CTN quoiqu'il soit moins courant dans le cadre de cette application.



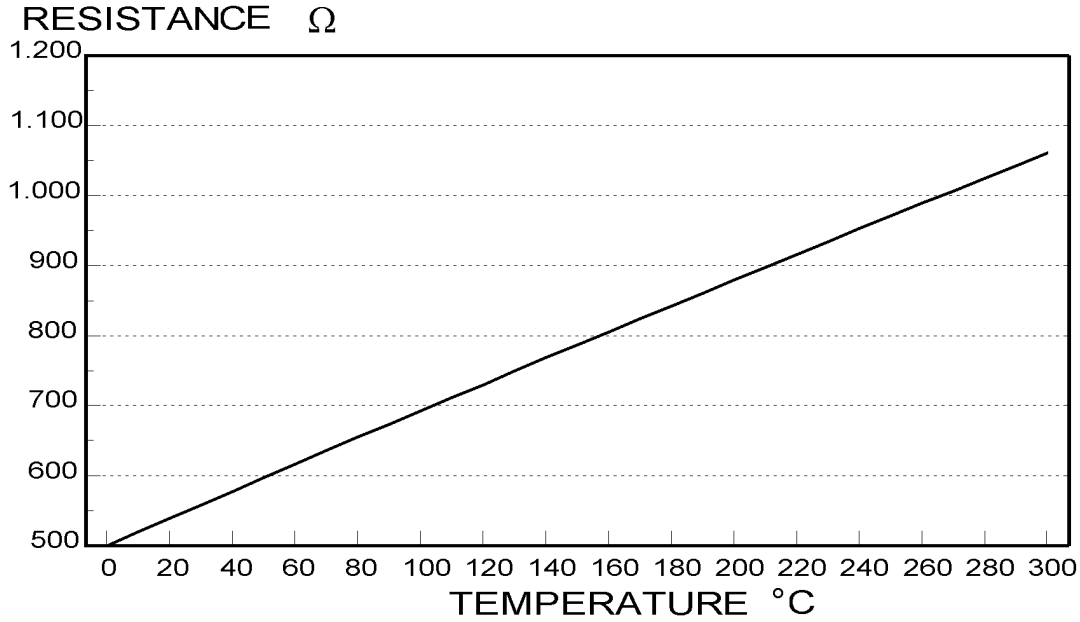
Courbe type d'une thermistance CTP



3.2.7.3 Capteurs à résistance de platine

Un capteur à résistance de platine se caractérise par un coefficient de température positif constant, ce qui signifie que sa courbe d'augmentation de résistance est linéaire.

Ce type de résistance est désigné par le symbole chimique **Pt,** et par la valeur en ohms de la résistance à 0°C.
Pt500, par exemple, aura une résistance de 500 Ω à 0° → voir figure ci-dessous.
On utilise également les valeurs Pt100, Pt1000.



3.2.8 Capteur d'humidité

Ce type de capteur est monté dans les séchoirs à tambour pour mesurer le degré d'humidité résiduelle dans le linge. Le tambour est connecté à la terre de l'appareil (panneau postérieur du bâti) par un palpeur en carbone. Les nervures du tambour sont isolées électriquement du corps du tambour. Elles ne sont reliées que par une bande de tôle à l'extérieur du tambour. Cette bande est balayée par une brosse métallique. De ce fait, le contact électrique entre la brosse et la terre de l'appareil est exclusivement constitué par l'humidité du linge. Plus la charge de linge sèche, plus sa résistance électrique augmente. La mesure de cette résistance permet ainsi de suivre l'évolution et de commander le processus de séchage.

Mesures possibles

Il n'est pas possible de détecter un changement de résistance en l'absence de toute charge de linge humide. Les problèmes de contact sont souvent à l'origine de défauts de fonctionnement, d'où la nécessité de mesurer également les résistance suivantes :

- Résistance de contact entre les nervures du tambour et l'entrée de la brosse de balayage sur la carte de circuit électronique.

- Résistance de contact entre le tambour et le bâti.
- Résistance d'isolation entre les nervures et le tambour

3.2.9 Générateur tachymétrique

Ce type de générateur sert à mesurer la vitesse de rotation du moteur. Le générateur tachymétrique est solidement fixé à l'axe du moteur. Une tension proportionnelle à la vitesse de rotation est générée dans une bobine en rotation dans un champ magnétique. Il existe plusieurs types de générateurs :

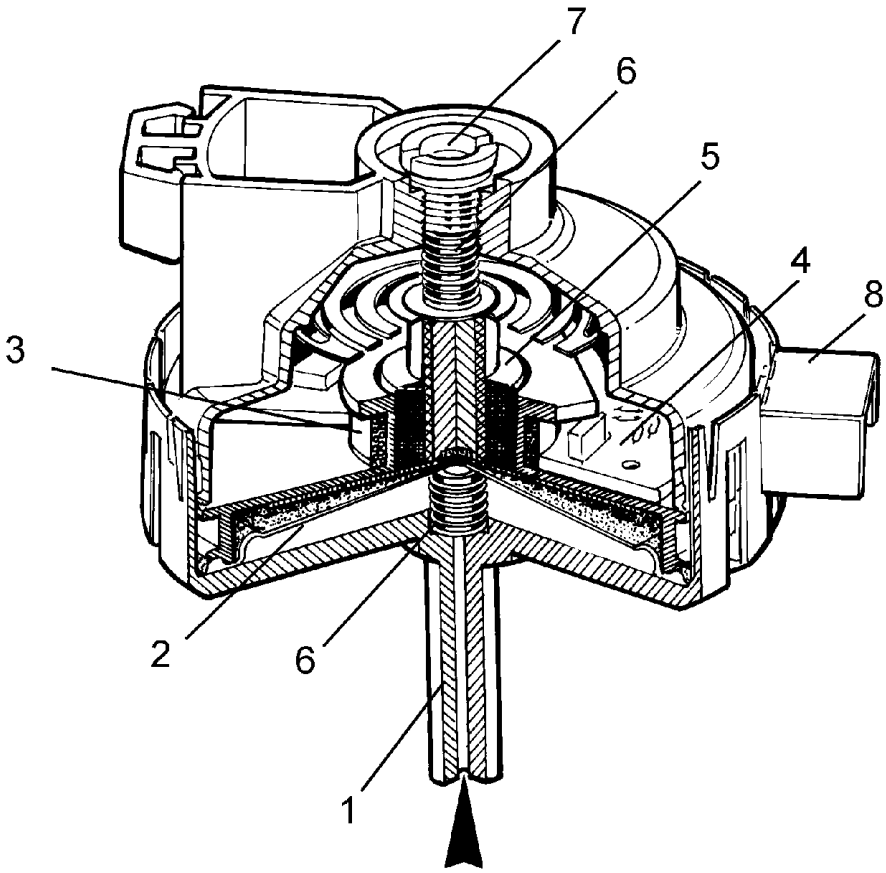
- Le générateur tachymétrique CC, qui prélève la tension d'un collecteur ;
- Le générateur CA : ce type est actuellement plus répandu en raison de sa construction plus simple : il n'a pas besoin de collecteur et autorise une configuration inversée, avec un aimant permanent en rotation et une bobine fixe. Dans cette configuration, la tension alternative, mais également la fréquence sont proportionnelles à la vitesse de rotation. Dans la plupart des circuits numériques mis en œuvre dans l'électronique de commande des appareils électroménagers, il est plus pratique de se baser sur la mesure de fréquence. Cette méthode donne également des résultats plus précis que la mesure de tension.

➢ Mesures possibles

- Possibilité de mesurer une très faible tension engendrée par une simple rotation du tambour à la main.
- Possibilité de mesurer la résistance de la bobine.

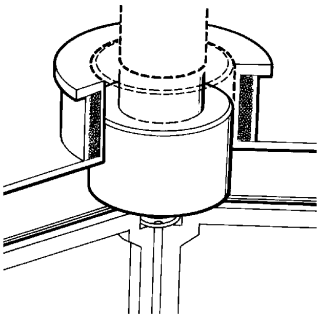
3.2.10 Capteur de pression

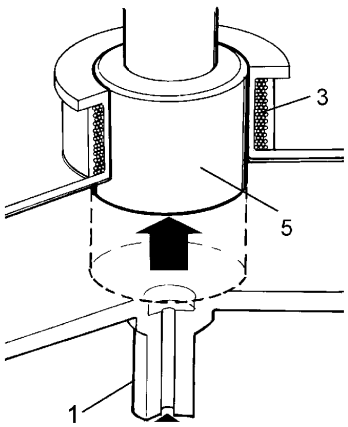
Ce capteur se connecte de la même manière qu'un pressostat électromécanique. À la différence de ce dernier, il ne se contente pas de déclencher des processus de connexion aux pressions programmées, mais mesure également en continu la pression (et par voie de conséquence, le niveau).

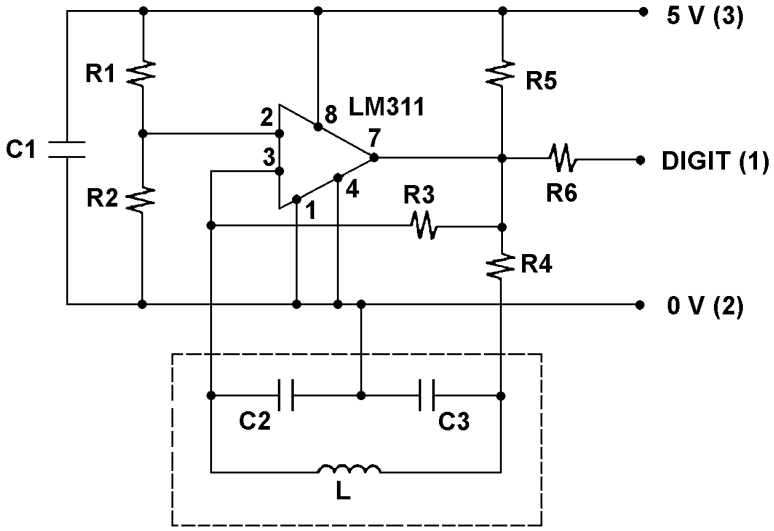


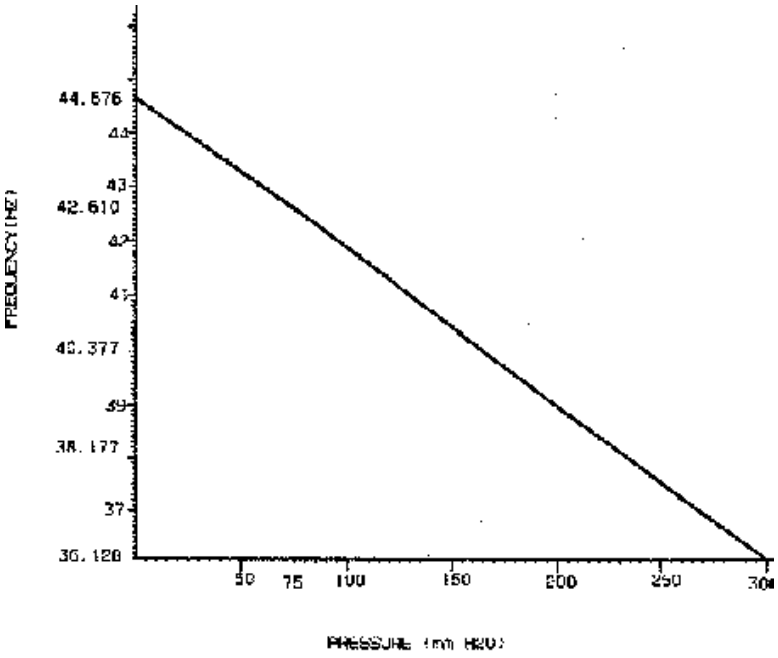
1 Admission d'air
2 Membrane
3 Bobine
4 Oscillateur (électronique)
5 Bague magnétique
6 Ressort
7 Vis de réglage
8 Fiche de connexion
Contact 1 = sortie
Contact 2 = GND (terre)
Contact 3 = 5V CC

La bague magnétique se soulève sous l'effet de l'élévation de la pression d'air dans le flexible, modifiant ainsi les propriétés magnétiques du dispositif et entraînant par voie de conséquence une baisse de la fréquence de l'oscillateur.









Fréquence - Pression

Mesures possibles

- Il n'est pas possible de mesurer la fréquence à l'aide d'un simple multimètre. Même à l'aide de multimètres spéciaux, les interférences avec la fréquence du secteur rendent la mesure difficile.
- La présence d'une tension de sortie peut se révéler un premier indice de bon fonctionnement du composant. Étant donné que ce capteur est une pièce standard d'usage courant, on peut dans ce cas précis procéder à un contrôle par échange de pièce, bien que cette pratique ne soit pas recommandée en règle générale.

3.2.11 Capteur optique

Ce type de capteur est utilisé notamment dans les lave-vaisselle comme capteur de turbidité.

Une DEL et une photodiode sont montées l'une en face de l'autre à l'intérieur d'un composant parcouru par un flux d'eau. Lorsque l'eau devient trouble, la lumière émise par la DEL ne parvient plus qu'atténuée à la photodiode. La tension de sortie de la photodiode diminue dans les mêmes proportions. Sur la base de cette tension, l'électronique évalue le degré de salissure de la vaisselle ou la teneur résiduelle en détergent. Grâce à cette information, l'électronique peut sélectionner la séquence du programme la plus appropriée à appliquer pour obtenir un rinçage satisfaisant.

Il est important de noter que la tension de sortie est vouée à décroître au fil du temps en raison des dépôts qui s'accumulent sur les surfaces du capteur. Pour contrecarrer ce phénomène, le capteur utilisé dans les lave-vaisselle Electrolux est calibré à la fin de chaque cycle lors du dernier rinçage. La tension d'entrée est progressivement augmentée tout au long de ce processus dans une plage étalée de 6 à 11,4 V. La tension de sortie lors de cette étape du programme est ainsi maintenue à une valeur constante de 4,3 V, qui indique à l'électronique que l'eau est claire.

Remarque : si le capteur est calibré dans l'air – condition normale lors d'une inspection d'entretien – la tension de sortie doit être de 3,5 V.

Mesures possibles

- Mesure de tension (voir ci-dessus)

4. Sorties et actionneurs (éléments fonctionnels)

Les fonctions de commande assurées par l'électronique ont pour objet de générer des signaux de sortie assumant une double mission

- Veiller à ce que les actionneurs (éléments fonctionnels) de l'appareil électroménager effectuent la tâche requise – au bon moment et de la manière convenable – pour produire le résultat demandé par l'utilisateur.
- Veiller à ce que l'utilisateur soit correctement informé de l'état de l'appareil et des défauts de fonctionnement éventuels.

Les sorties et les consommateurs les plus courants sont :

- Les moteurs d'entraînement du tambour du lave-linge, de la pompe de circulation ou de vidange, du compresseur, du ventilateur, etc.
- Les moteurs pas à pas : distribution d'eau, système de positionnement du tambour (DPS), par ex.
- Le mécanisme de verrouillage de porte
- Le magnétron
- Les électrovannes (employées le plus souvent pour l'admission d'eau mais également dans les circuits de fluide réfrigérant)
- Les éléments chauffants
- Les afficheurs et les indicateurs des commandes et des alarmes fonctionnelles
  - indicateurs électromagnétiques
  - témoins lumineux
  - indicateurs acoustiques
  - afficheurs numériques (DEL, cristaux liquides)

L'électronique produit généralement des signaux de commande à basse tension. Les éléments de signalisation et d'affichage peuvent parfois être excités directement à cette tension si la puissance absorbée est suffisamment faible.

Pour les actionneurs de plus grande puissance cependant, la tension d'alimentation doit être fournie par des composants d'alimentation de puissance tels que :

- Les relais
- Les triacs

Cet aspect constitue une différence essentielle par rapport aux appareils électroménagers équipés de minuteries électromécaniques. Dans ces composants, le courant de service transite directement par les contacts. (Remarque : les triacs et les relais sont souvent montés sur la carte principale, de manière à permettre la mesure de la tension secteur aux sorties. Il ne s'agit cependant pas de la tension de service de l'électronique.)

4.1 Composants d'alimentation de puissance

4.1.1 Relais

Un relais est un composant d'alimentation de puissance électromécanique. La tension de commande est alimentée à la bobine du relais, le plus souvent à l'aide d'un triac, la bobine absorbant un intensité de courant relativement élevée. Un électro-aimant assure la fermeture du ou des contacts du relais. Le courant de service est distribué vers les consommateurs (moteur, élément chauffant, etc.) à l'aide de ces contacts.

Les relais sont utilisés pour alimenter les consommateurs qui absorbent le plus de puissance mais également dans les cas où les normes de sécurité exigent que la commutation s'opère par l'ouverture effective d'un contact. Ces deux conditions s'appliquent principalement aux éléments chauffants.

4.1.2 Triac et thyristor

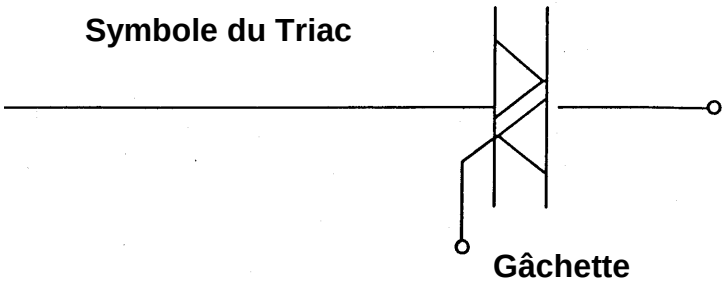
Ces deux composants sont des semi-conducteurs appartenant au groupe de diodes contrôlables.

Une diode contrôlable est excitée par une impulsion de courant transmise à sa gâchette, qui a pour effet de la faire passer à l'état conducteur. Il est possible de faire fluctuer le point de déclenchement à l'intérieur d'une demi-onde au moyen d'une résistance variable.

Le **thyristor** ne peut être contrôlé que dans un seul sens du courant électrique et produit de ce fait un courant pulsatoire.

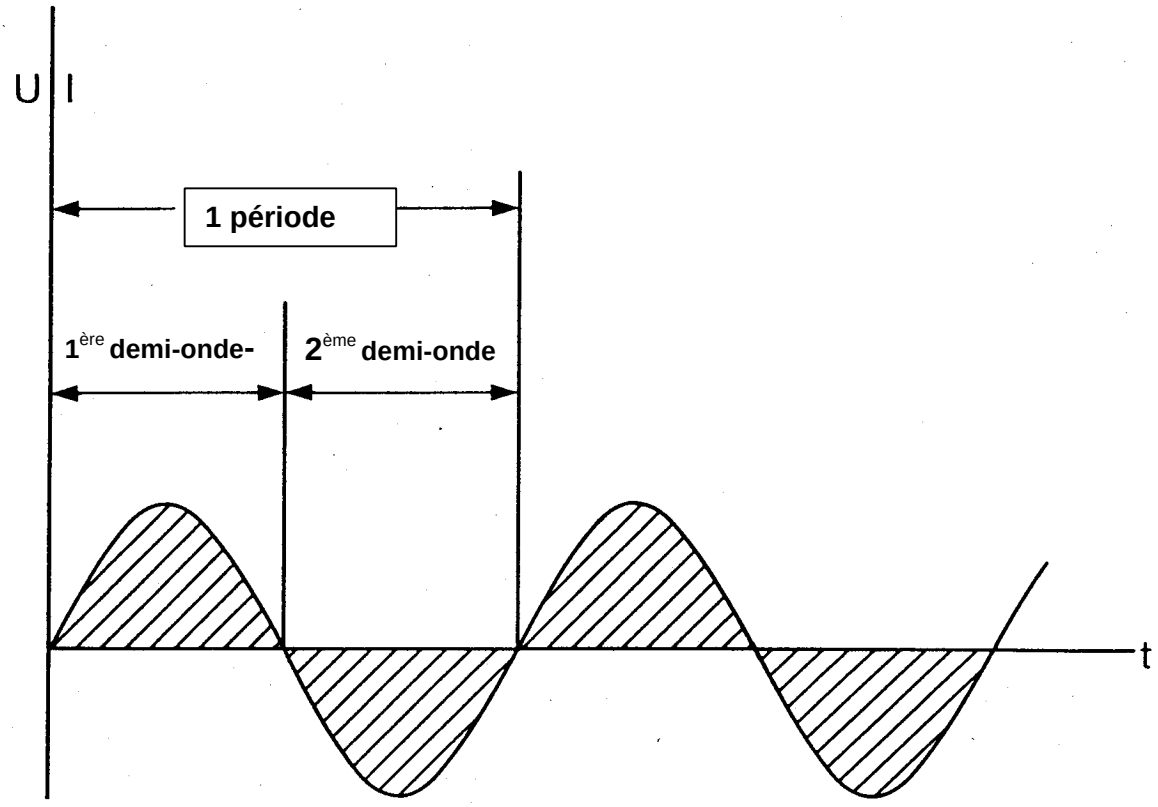
Le **triac** est fondamentalement comparable à deux thyristors commutés placés tête-bêche. Il peut être contrôlé dans les deux sens du courant et utilise les deux demi-ondes de la tension alternative. C'est la raison pour laquelle le thyristor s'utilise de préférence, et presque exclusivement, pour la commande et la commutation de courant de puissance.

Symbole du Triac



Si l'on utilise le triac pour fournir la tension de travail (et non la tension de commande) à l'actionneur, le circuit incorpore toujours un détecteur de tension nulle. Ce composant est charger de veiller à ce que l'impulsion de déclenchement soit toujours générée lorsque la courbe sinusoïdale de la tension d'alimentation passe à zéro.

Grâce à ce principe, la forme sinusoïdale de la courbe de tension ne subit pas de distorsion et la tension efficace ne subit pas de chute.



4.2 Commande de puissance

Dans la plupart des cas, la commande exercée sur les consommateurs se borne à les activer et à les désactiver aux moments requis, c'est-à-dire à leur fournir ou à couper la tension de service sans autre intervention.

Certaines applications en revanche, nécessiteront une action sur le courant de puissance, pour :

- … réguler la puissance de chauffage
- … réguler la vitesse de rotation du moteur.

La méthode habituellement pratiquée pour réguler la puissance de chauffage ou la puissance du magnétron consiste à faire alterner par commutation des séquences d'activation et de désactivation à des intervalles de temps relativement longs de 20 à 40 secondes. La régulation de puissance s'opère par la proportion des temps d'activation et de désactivation. Cette méthode est adaptée aux éléments chauffants conventionnels caractérisés par une inertie thermique importante. Bien que largement utilisée dans les fours à micro-ondes, elle présente cependant certains inconvénients dans ce type d'application.

Dans le cadre de cette formation, le type de commande de puissance qui nous intéresse le plus est celui qui nous permettra d'agir sur le moteur d'entraînement principal des lave-linge automatiques. La vitesse de ce type de moteur doit pouvoir varier dans une plage très étendue – de 25 tr/min pour le programme laine ou lavage à la main à une vitesse d'essorage maximale de 1800 tr/min. La plage de vitesse peut être déterminée

en ajoutant et en retirant des bobines inductrices. Pour opérer un réglage continu et immédiat de la vitesse dans une plage donnée, deux techniques sont possibles :

- la commande de phase
- la modulation d'impulsion en largeur

Le principe de ces deux techniques n'est pas fondamentalement différent de celui de l'alternance des temps d'activation et de désactivation évoqué précédemment, à ceci près que les intervalles des alternances y sont beaucoup plus courts. Ils se limitent à une demi-période de la fréquence du secteur (soit 10 ms) dans le cas de la commande de phase, et à 50-60 µs dans le cas de la modulation d'impulsion en largeur.

4.2.1 Commande de phase

Cette méthode consiste à « couper » des parties de la courbe sinusoïdale symétrique à l'aide de composants électroniques tels que le triac. Comme il a été expliqué au paragraphe 4.1.2., un circuit de commande peut produire une impulsion de déclenchement à la gâchette du triac soit au point zéro (c'est-à-dire à l'angle de phase 0°), soit à n'importe quel autre angle de phase compris entre 0° et 180°.

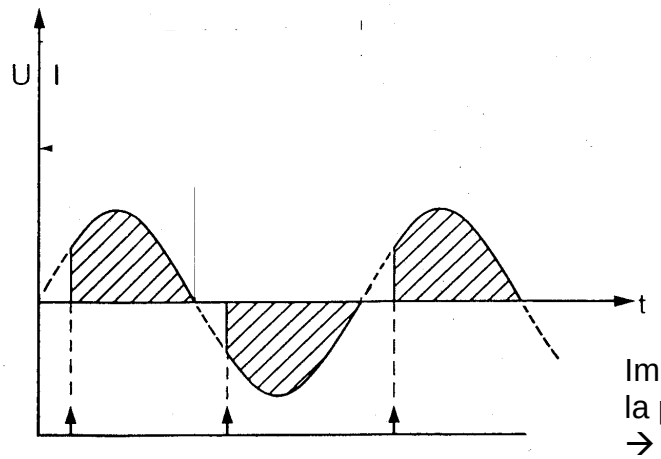
Accroître l'angle de phase auquel l'impulsion de déclenchement est émise a pour effet de faire diminuer la tension efficace (RMS), produisant ainsi une réduction progressive de la puissance. La commande de phase a pour principal inconvénient d'altérer notablement la forme sinusoïdale originale de la courbe de courant. Cette déformation produit des interférences entre les harmoniques – c'est-à-dire les oscillations dont les fréquences sont des multiples de 50 Hz – et la fréquence du secteur de 50 Hz. Les courants harmoniques génèrent des tensions harmoniques dans le réseau de distribution électrique, entraînant des perturbations d'alimentation en courant affectant également les autres consommateurs connectés.

Les problèmes que pose la commande de phase atteignent leur paroxysme lorsque la puissance absorbée est importante :

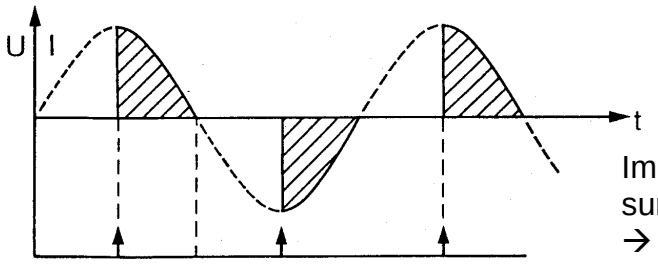
- La réglementation récente prescrit des limites plus strictes aux tensions harmoniques
- Il est impératif de respecter cette réglementation pour avoir le droit de commercialiser l'appareil sur le marché de l'UE (la conformité à la réglementation est attestée par le symbole CE apposé sur l'appareil)
- Les perturbations causées par les tensions harmoniques ont des conséquences aggravées sur les appareils électroménagers intégrant des commandes électroniques. Les pics de tension et les hautes fréquences affectent le bon fonctionnement de ces circuits s'ils dépassent les niveaux d'insensibilité prescrits dans la réglementation.

L'emploi de cette technique nécessite de ce fait l'application d'importantes mesures de suppression d'interférences.

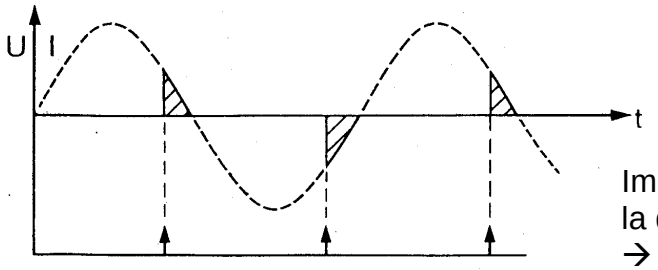
Commande de phase par triac



Impulsion de déclenchement émise dans la première partie de la demi-onde
→ tension efficace élevée
→ puissance élevée



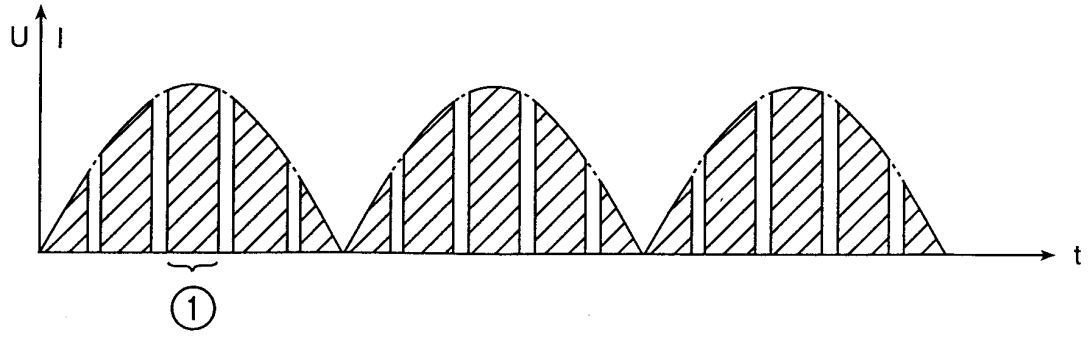
Impulsion de déclenchement émise sur la crête de la demi-onde
→ tension efficace divisée par deux
→ demi-puissance



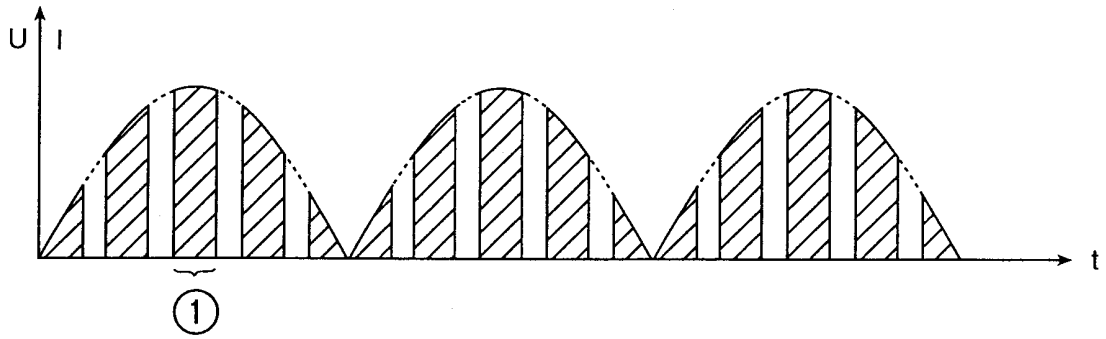
Impulsion de déclenchement émise dans la dernière partie de la demi-onde
→ faible tension efficace
→ puissance réduite

4.2.2 Modulation d'impulsions en largeur (PWM - MIL)

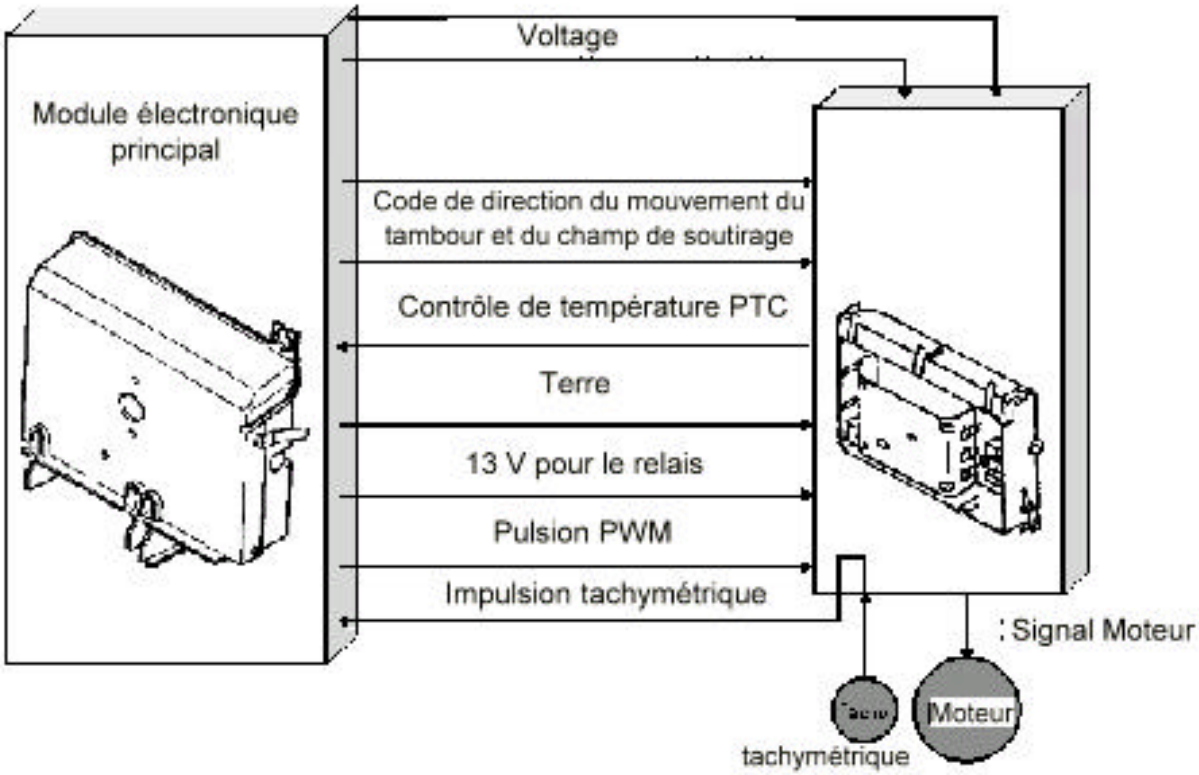
Cette méthode déconnecte le moteur de l'alimentation à une fréquence élevée (de 16 à 20 kHz). Il est possible de faire varier le rapport entre les temps d'activation et de désactivation par le microprocesseur. La technique de modulation d'impulsion en largeur MIL tire son nom du fait que la largeur des impulsions de l'onde varie dans le temps. L'application de ce principe permet de faire varier la vitesse dans une plage très étendue. La fréquence élevée des impulsions va de pair avec des temps de réaction très courts qui autorisent des vitesses d'essorage très rapides de 1800 tr/min. Avec ce type de commande, le moteur est alimenté par du courant pulsatoire unidirectionnel.



① **Impulsion large**



① **Impulsion étroite**



Échange des signaux entre l'électronique de commande EWM3000 et l'électronique du moteur sur les lave-linge exploitant la technique de la modulation d'impulsion en largeur

5. Méthode de localisation des anomalies (manuels d'entretien et schémas de circuits)

Nous ne saurions insister suffisamment sur l'importance qu'il y a de procéder avec méthode et logique dans la localisation des anomalies, en utilisant systématiquement la documentation accompagnant le produit, c'est-à-dire les manuels d'entretien et les schémas de circuits.

- Lors de l'enregistrement de la commande, identifiez systématiquement et sans ambiguïté l'appareil (n° PNC/E et n° de série/n° de fabrication si possible). Préparez les manuels d'entretien et emportez-les avec vous. Cet aspect qui a toujours revêtu une grande importance, **est devenu d'autant plus crucial avec les appareils électroménagers modernes comportant des programmes de diagnostics incorporés**, dans la mesure où ces programmes ne pourront être utilisés et interprétés avec succès qu'à la lumière de la documentation correspondante.

Les règles fondamentales de localisation des anomalies applicables aux appareils électroménagers classiques restent en grande partie valables.

- Assurez-vous d'abord de la réalité de l'anomalie. Il arrive souvent que l'appareil fonctionne conformément à ses spécifications mais que le client nourrisse à son endroit d'autres attentes – justifiées ou non. Le cas se présente souvent avec les appareils frigorifiques. Ne jamais remplacer de pièces détachées ni l'appareil en entier. Dans ce genre de situation, de telles pratiques engendrent des coûts sans résoudre le problème.
- Si l'anomalie est avérée, localisez le circuit défectueux
  - o par le code d'anomalie, s'il est disponible
  - o en l'absence de code d'anomalie, identifiez les symptômes de l'anomalie puis examinez le schéma de câblage pour tâcher d'en identifier les causes.
- Ne vous contentez pas de remplacer les composants de ce circuit, effectuez des mesures sur tout le parcours suivi par le courant en vous référant au schéma du circuit (voir section 6.)
- Recherchez en premier lieu les causes les plus évidentes de la panne :
  - o raccordement
  - o contacts (une cause très fréquente d'anomalies), vérifiez avec une attention particulière les connexions par fiches des composants électroniques – il pourra s'avérer nécessaire de les brancher et de les rebrancher physiquement
  - o raccordement des flexibles, flexibles obstrués
- Activez les composants par voie directe, si les programmes d'entretien l'autorisent

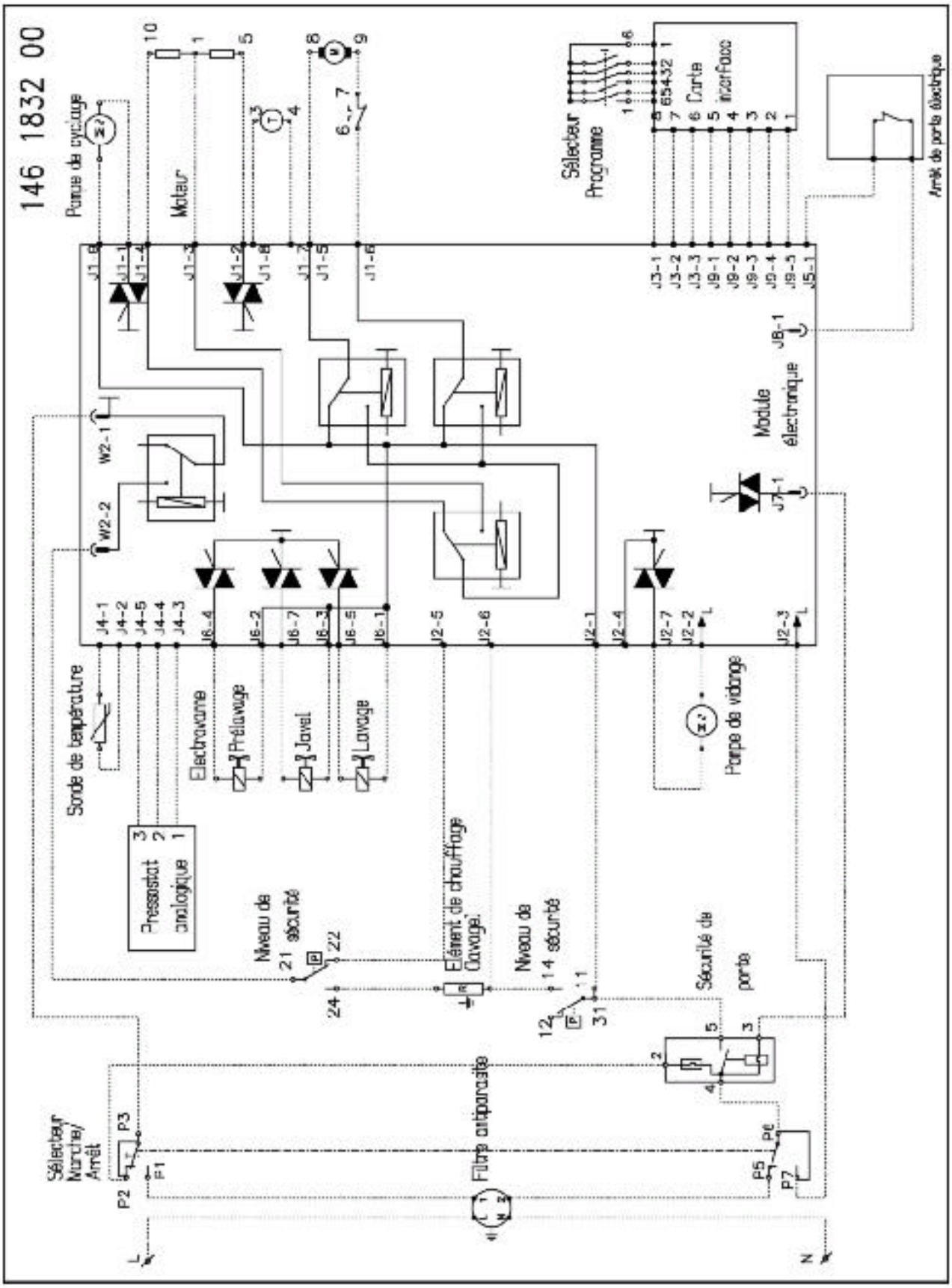


Schéma des circuits d'un lave-linge à chargement par le haut.

6. Utilisation des programmes d'entretien intégrés

Si les appareils sont équipés de programmes d'entretien intégrés – qui tendent à se généraliser sur les modèles récents – accordez la priorité à ces programmes comme outil d'investigation pour localiser la panne.

Le code d'anomalie donne une première indication concernant l'anomalie et présente l'avantage de vous faire gagner du temps dans votre investigation. La consultation des codes d'anomalie stockés dans la mémoire de la machine doit toujours être la première démarche à entreprendre. Dans un deuxième temps, vérifiez également s'il y a lieu le code de configuration – une configuration incorrecte pouvant donner lieu à des anomalies très déroutantes.

Le code d'anomalie donne une indication « objective » de l'anomalie effective diagnostiquée, qui pourra contredire le compte-rendu parfois subjectif de l'utilisateur. Par ailleurs, il arrive que l'utilisateur ne se rende compte que de l'effet induit par la panne – ce qui ne signifie nullement qu'il ne puisse pas vous apporter des éléments d'information précieux sur la manière dont le problème s'est manifesté pour autant que vous lui posiez des questions judicieuses.

Les programmes d'entretien vous donnent d'autre part la possibilité d'activer directement certains circuits, ce qui vous permettra de localiser plus aisément l'anomalie.

Certains appareils comme les lave-vaisselle intègrent un programme d'essai client normalisé. La présence d'un tel programme est importante puisque les programmes de service de l'appareil sont constitués de manière adaptative sans ordre préétabli. Imaginons par exemple que le client se plaigne de ce que l'appareil omette de vidanger l'eau après le prérinçage. La cause pourra en être un défaut de fonctionnement de l'appareil mais également le fait que le capteur de turbidité n'ait pas détecté une eau suffisamment trouble. Seul le programme d'essai client permettra de savoir laquelle des deux causes est à l'origine de l'incident signalé par le client.

Si l'appareil n'est pas doté d'un afficheur indiquant le code d'anomalie en clair (« C2 », par ex), il faudra recourir aux DEL du panneau de commande pour afficher les anomalies et les codes de configuration. Les indications sont présentées en code binaire, étant donné les deux états possibles de la DEL – ALLUMÉE ou ÉTEINTE. Les définitions sont les suivantes :

- OFF (LED éteinte) pour : **0**
- ON (LED allumée) pour : 1.

Un groupe de 4 DEL permet de traduire 16 caractères : les chiffres **0 à 9** et les lettres **A à F** (ces 16 caractères sont les signes utilisés dans le système hexadécimal, un système de comptage en base 16).

Le tableau ci-dessous répertorie les signaux que vous pourrez mesurer si vous suspectez certaines DEL d'être défectueuses.

Tableau de la signalisation par DEL :

Nombre binaire	2^3	2^2	2^1	2^0

Nombre décimal	Valeur décimale	8	4	2	1
0	LED				
	Signal				
1	LED				⊙
	Signal				
2	LED			⊙	
	Signal				
3	LED			⊙	⊙
	Signal				
4	LED		⊙		
	Signal				
5	LED		⊙		⊙
	Signal				
6	LED		⊙	⊙	
	Signal				
7	LED		⊙	⊙	⊙
	Signal				
8	LED	⊙			
	Signal				
9	LED	⊙			⊙
	Signal				
10 – A	LED	⊙		⊙	
	Signal				
11 – B	LED	⊙		⊙	⊙
	Signal				
12 – C	LED	⊙	⊙		
	Signal				
13 – D	LED	⊙	⊙		⊙
	Signal				
14 – E	LED	⊙	⊙	⊙	
	Signal				
15 - F	LED	⊙	⊙	⊙	⊙
	Signal				

Chacune des quatre DEL est assignée à une puissance de deux (8, 4, 2, et 1). Pour obtenir le caractère indiqué, additionnez les nombres assignés aux DEL allumées. Exemple :

8	4	2	1
⊙	⊙		⊙

8 + 4 + 1 = 13, c'est à dire la lettre **D** (A = 10, B = 11, ..., F = 15).

Le code de deux chiffres peut ainsi être affiché au moyen de deux groupes de 4 DEL, par ex. « **C2 »** :

8	4	2	1	8	4	2	1
⊙	⊙					⊙	

Les codes d'anomalie et la combinaison des groupes de DEL sont décrits dans les manuels d'entretien des appareils respectifs.

Pour éviter les erreurs de lecture du code, appliquez une grille ou du ruban adhésif où vous aurez inscrits les nombres 8 – 4 – 2 – 1 à côté des DEL correspondantes.

La lecture et la programmation du code de configuration s'effectuent à partir du même système d'affichage. La partie matériel des cartes de circuits électroniques est identique au sein d'une même série. Chaque carte doit être programmée pour intégrer les fonctionnalités particulières au modèle à l'aide du code de configuration. La programmation s'effectue lors du remplacement des cartes. Il est absolument capital de ne pas commettre la moindre erreur pendant l'opération.

7. Mesures possibles

Dans les possibilités de mesure passées en revue ci-après, nous n'abordons pas en détail les possibilités qu'offrent en la matière l'atelier et le laboratoire, ou l'emploi de matériel de mesure et d'affichage spécial.

Nous nous limitons aux mesures que vous pourrez effectuer rapidement sur le terrain avec un multimètre ordinaire. Le technicien de dépannage doit toujours être muni de cet appareil et en faire usage systématiquement.

Les valeurs mesurables dans le cadre du dépannage d'appareils électroménagers sont les suivantes :

- Paramètres fonctionnels
- Valeurs électriques des composants mesurées à l'aide du multimètre :
- Si l'appareil est branché au secteur : tensions et éventuellement intensités du courant
- Si l'appareil n'est pas raccordé au secteur : résistances

Il convient d'observer que ces mesures ne sont pas toujours praticables sans restrictions. Dans certains pays comme la Grande-Bretagne en effet, la législation interdit strictement de mesurer un appareil ouvert connecté au secteur. Même en l'absence de législation en la matière, les mesures doivent toujours s'effectuer dans des conditions garantissant une sécurité absolue pour le technicien et l'environnement.

Que mesurer?

1. Alimentation en courant de l'appareil, c'est-à-dire :
   - La tension mesurée au point de branchement de l'appareil présente-t-elle la valeur correcte?
   - L'appareil est-il correctement branché?
   - Le point de raccordement à l'intérieur de l'appareil est-il sous tension?

2. Présence d'une tension au niveau des composants :
   - Après avoir identifié le composant supposé défectueux, choisissez un état opérationnel impliquant l'application d'une tension au composant. Mesurez la tension aux bornes du composant. Si la tension parvient au composant, le défaut est interne.
   - Si la tension est nulle, remontez les conducteurs de raccordement et mesurez la tension aux endroits adéquats. Cette méthode vous permettra d'identifier les dommages aux câbles et aux contacts et de mieux cerner la cause de l'anomalie. Remarque : référez-vous au manuel d'entretien et au schéma de circuit, assurez-vous que l'absence de tension ne résulte pas du déclenchement d'une fonction de sécurité.

- À l'aide d'un appareil de mesure adapté (pince ampèremétrique, par ex.), vous pouvez également mesurer l'intensité du courant. En règle générale, il n'est pas possible de mesurer les intensités de service à l'aide d'un multimètre.

3. Tensions de signalisation aux entrées et aux sorties des circuits électroniques et aux capteurs
   - Thermistances : les valeurs relevées équivalent généralement à la moitié de tension de signalisation ; lors de la montée en température, la tension doit varier dans le même sens que la résistance.
   - Tous types de commutateurs (à lames souples, pressostat, thermostat, fluxostat, etc.) : la tension équivaut à zéro lorsque le commutateur est fermé et à la valeur de la tension de service lorsque le commutateur est ouvert. Si possible, provoquez un changement d'état de commutation pour mesurer la tension dans les deux états que peut prendre le commutateur.
   - Générateur tachymétrique : le fait de tourner le générateur à la main engendre une tension de quelques volts.

4. Paramètres fonctionnels
   - Températures
     - Appareils de cuisson : température du four.
     - Appareils frigorifiques : mesurer d'abord la température à l'intérieur, puis les températures du circuit du fluide réfrigérant. Lors des mesures de température à l'intérieur de l'appareil, veillez à ne pas mesurer la température de l'air mais la température moyenne de conservation → par ex. dans un verre d'eau ayant séjourné dans l'appareil frigorifique pendant environ 30 minutes.
     - Autres appareils : températures de commutation des thermostats.

   - Temps / séquences de programme : en vous référant au manuel d'entretien, déterminez et mesurez si les séquences du programme s'enchaînent dans l'ordre voulu et selon la chronologie normale. Sélectionnez le programme d'essai client si possible, les séquences des autres programmes étant prévues pour s'enchaîner dans un ordre variable.

5. Mesure des résistances, en particulier aux points de mesure suivants :
   - Composants (éléments chauffants, bobines des moteurs, bobines des électrovannes) : mesurez si la résistance correspond à la valeur prescrite, qui figure généralement dans le manuel d'entretien. Même si vous ne connaissez pas la valeur nominale exacte, la mesure vous donnera des indices précieux concernant l'anomalie :
     - une valeur très faible est l'indice d'un court-circuit
     - une valeur très élevée est l'indice d'un circuit ouvert
   - Capteurs :
     - Thermistances (CTN, CTP, Pt.) : les tableaux ou les diagrammes concernant ces composants se trouvent généralement dans le manuel d'entretien. La

thermistance doit dans tous les cas présenter la variation escomptée lorsqu'elle est chauffée (par la chaleur de votre main par exemple), c'est-à-dire une diminution de résistance s'il s'agit d'une CTN, et une augmentation de résistance s'il s'agit d'une CTP ou d'une Pt.

Il est possible de simuler les thermistances à l'aide d'une boîte de résistances à décades.

- o Commutateurs : 0 (ou une valeur très faible pour un commutateur fermé), ∞ (ou une valeur très élevée) pour un commutateur ouvert. Si possible, provoquez un changement d'état de commutation pour mesurer la tension dans les deux états que peut prendre le commutateur.

- Câblage et contacts :
  - o Ne doivent présenter qu'une résistance infime. Déplacez les contacts pour vérifier si la valeur varie ou non.

Pour toutes les mesures de résistances, efforcez-vous dans la mesure du possible de vérifier l'ensemble du câblage, en fonction de l'accessibilité. Débranchez par exemple la fiche de l'électronique et effectuez les mesures à partir de cet endroit. Si les valeurs sont comprise dans la plage normale, vous aurez vérifié le câblage et le composant en une seule mesure. Si les valeurs mesurées divergent, poursuivez votre investigation en remontant vers le composant lui-même.

À ce stade, il convient de faire remarquer que certains composants n'autorisent pas les mesures simples. Dans ces cas, comme avec le capteur de pression analogique, la méthode de contrôle par remplacement de composant est recommandée. Si vous pratiquez cette méthode et que le contrôle révèle que le composant n'est pas défectueux, les règles de bonne pratique imposent de remonter le composant original en place.

Remarque importante : consigner les résultats de vos mesures et des conditions est une pratique recommandable qui ne vous prendra que peu de temps et se révélera très précieuse si l'anomalie devait dégénérer en complications plus graves ultérieurement et lorsque vous aurez à répondre à des questions ou à des plaintes de clients.